

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

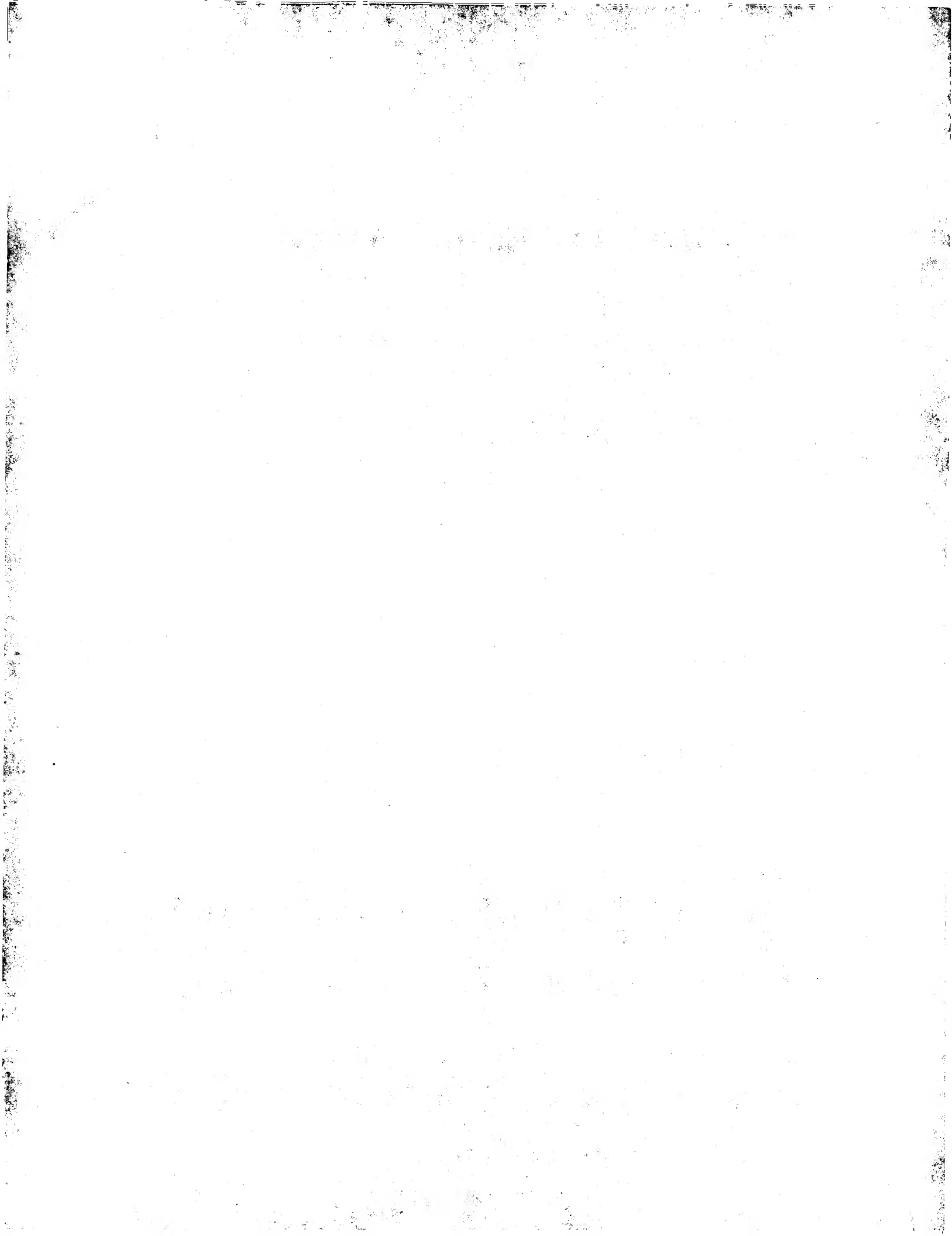
Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 195 07 881 A 1

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
B 29 C 39/42  
// A61B 17/58

21 Aktenzeichen: 195 07 881.0  
22 Anmeldetag: 7. 3. 95  
43 Offenlegungstag: 14. 9. 95

DE 195 07 881 A 1

30 Unionspriorität: 32 33 31  
10.03.94 BE 09400267

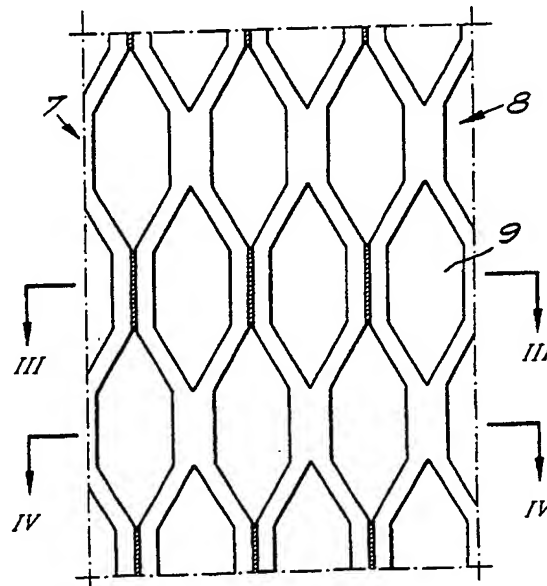
71 Anmelder:  
Materialise N.V., Huldenberg, BE

74 Vertreter:  
Fuchs und Kollegen, 65189 Wiesbaden

72 Erfinder:  
Swaelens, Bart, Putte, BE; Pauwels, Johan, Bornem,  
BE; Vancraen, Wilfried, Huldenburg, BE

54 Verfahren zum Stützen eines Objekts, verfertigt durch Stereolithographie oder ein anderes schnelles Prototypen-Fertigungsverfahren

57 Verfahren zum Stützen eines Objekts (1), gefertigt durch Stereolithographie oder ein anderes schnelles Prototypen-Fertigungsverfahren, mit zumindest einer Stützkonstruktion (7), dadurch gekennzeichnet, daß man mit zumindest einer Stützkonstruktion (7) stützt, die leichter ist als eine Stützkonstruktion, die aus vollen, aufstehenden Wänden, eventuell mit Einkerbungen oben und/oder unten, besteht. Man kann die Stützkonstruktion (7) leicht aufbauen, indem sie aus Wänden (8) aufgebaut wird, wovon zumindest eine Anzahl über einen bedeutenden Teil ihrer Oberfläche mit Öffnungen (9) versehen sind.



DE 195 07 881 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Stützen eines Objekts, das durch Stereolithographie oder ein anderes schnelles Prototypen-Fertigungsverfahren gefertigt wurde, mit zumindest einer Stützkonstruktion.

Stereolithographie ist ein an sich bekanntes Verfahren, wobei ein Fotopolymer mit Hilfe elektromagnetischer Strahlen ausgehärtet wird, beispielsweise eines oder mehrerer Laserstrahlen, die anhand von Computerdaten gesteuert werden. Durch die Strahlen härtet das flüssige Fotopolymer gemäß einem bestimmten Muster an der Oberfläche aus. Die polymerisierte Schicht ist meistens über eine Stützkonstruktion auf einem Plateau verankert, das jedesmal, wenn eine Schicht polymerisiert wird, etwas tiefer in das flüssige Polymer abgesenkt wird. Die Stützkonstruktion hält das Objekt während des Produktionsprozesses an seinem Platz und verhindert Verformungen. So werden die Stützkonstruktion und das Objekt Schicht für Schicht aufgebaut. Eine solche Stereolithographie ist unter anderem in US-A-4.575.330 und EP-A-348.061 beschrieben.

Die Muster, womit Stücke oder Objekte in Stereolithographie ausgehärtet oder fotopolymerisiert werden, haben bereits viel Entwicklung erfahren. In unterschiedlichen Dokumenten sind Optimalisierungen betreffend Geschwindigkeit, Leichtermachen der Struktur und das Vermeiden innerer Spannungen beschrieben, wie in WO-A-89/10255, WO-A-92/20505 und EP-A-0.590.957. Was die Stützkonstruktion betrifft, ist die Optimalisierung in Funktion der funktionellen Erfordernisse noch sehr begrenzt.

Bei der bekannten Stereolithographie wird diese Stützkonstruktion in Form voller, aufstehender Wände aufgebaut, die meistens gemäß einem Muster miteinander verbunden sind, wie beschrieben in EP-A-338.751. Vor allem bei großen Gegenständen verlangt der Aufbau dieser Stützkonstruktion viel Zeit, Energie und Material, wodurch diese Stützkonstruktion das Verfahren relativ teuer macht. Die Stützkonstruktion stellt immerhin verlorenes Material dar. Darüber hinaus bleibt, wenn das Objekt fertig ist, flüssiges Material gegen und zwischen diesen Wänden haften, wodurch der Materialverlust noch zunimmt. Schließlich ist es oft mühsam, diese vollen Wände vom Objekt zu entfernen, ohne dieses zu beschädigen oder deutliche Spuren auf dem Objekt zu hinterlassen.

Vor allem zur Vermeidung dieser letztgenannten Nachteile ist es bereits bekannt, die Wände unten und/oder oben mit Einkerbungen zu versehen. Die Einkerbungen oben schränken den Kontakt mit dem Objekt ein und machen die Stützkonstruktion einfacher entfernbar. Die Einkerbungen sorgen auch dafür, daß flüssiges Polymer, das unter dem Objekt zwischen den Wänden festsetzt, abfließen kann. Sie bieten jedoch keine Lösung für den großen Materialverbrauch der Stützkonstruktion und den Verlust an flüssigem Polymer, das an den Wänden haften bleibt, während sie auch keinen Zeitgewinn mit sich bringen.

Gleichartige Probleme sind bei Stützstrukturen vorhanden, die bei anderen schnellen Prototypen-Fertigungsverfahren verwendet werden, dem sogenannten "Rapid Prototyping". Derartige andere Fertigungsverfahren oder Materialwachstumstechniken sind beispielsweise andere Fotopolymerisationstechniken, die eine Maske, einen Film, eine beschichtete Glasplatte oder LCD-Platte verwenden; selektives Lasersintern; das sogenannte Fused Deposition Modelling; Tinten-

strahltechniken und folienbasierte Techniken.

Beim selektiven Lasersintern von Metall- oder Plastikpulvern wird das Pulver, das sich in einem Träger befindet, der anschließend entfernt wird, mit einer Laser- oder einer anderen fokussierten Wärmequelle gesintert oder geschweißt.

Fused Deposition Modelling und verwandte Techniken verwenden einen zeitweiligen Übergang von einem festen Stoff in einen flüssigen Zustand, meist durch Erwärmen. Der Stoff wird in flüssigem Zustand auf kontrollierte Weise durch ein Spritzmundstück geführt und auf dem gewünschten Platz angebracht, wie unter anderem in US-A-5.141.680 beschrieben.

Folienbasierte Techniken heften Schichten aneinander durch Leimen oder Fotopolymerisation oder andere Techniken und schneiden in diesen Schichten das Objekt aus oder polymerisieren dieses Objekt. Eine derartige Technik ist in US-A-5.192.559 beschrieben.

Die Erfindung hat zum Ziel, den vorgenannten Nachteilen abzuweichen und ein Verfahren zum Stützen eines durch Stereolithographie oder ein anderes schnelles Prototypen-Fertigungsverfahren gefertigten Objekts bereitzustellen, das ein Minimum an Material verlangt und eine schnellere Fertigung des Objekts gestattet als bei Verwendung der gebräuchlichen Stützkonstruktionen.

Dieses Ziel wird gemäß der Erfindung dadurch verwirklicht, daß man mit zumindest einer Stützkonstruktion stützt, die leichter ist als eine Stützkonstruktion, die aus vollen, aufstehenden Wänden, eventuell mit Einkerbungen oben und/oder unten, besteht.

In einer ersten besonderen Ausführungsform stützt man mit einer Stützkonstruktion, die leicht ist, indem sie aus Wänden aufgebaut ist, wovon zumindest eine Anzahl über einen bedeutenden Teil ihrer Oberfläche mit Öffnungen versehen ist.

Zweckmäßigerweise stützt man eine Stützkonstruktion, die mit Öffnungen versehene Wände aufweist, welche gemäß einem Muster aufgestellt sind, wobei sie einander kreuzen oder schneiden. Diese Wände können sowohl vertikal sein als auch geneigt, flach oder gebogen. Dort, wo zwei Wände einander kreuzen, sind die Öffnungen vorzugsweise so angebracht, daß sie einander an Stellen schneiden, wo in beiden Wänden Material vorhanden ist.

Man kann mit einer Stützkonstruktion stützen, deren Öffnungen in den Wänden so groß sind, daß eigentlich nur noch Stangen übrigbleiben, die durch Knotenpunkte miteinander verbunden sind.

In einer Variante dieser Ausführungsform stützt man mit einer Stützkonstruktion, die Stangen umfaßt, welche quer zu ihrer Längsrichtung ein Profil besitzen. Anstelle eines Linienprofils kann der Querschnitt der Stangen gleich welcher Form annehmen, wie etwa ein L, ein Kreuz, ein Quadrat, ein Rechteck, einen Kreis oder eine Ellipse.

Vorzugsweise verwendet man eine Stützkonstruktion, wovon zumindest eine der Kanten der Wände frei von Öffnungen ist.

In einer anderen besonderen Ausführungsform stützt man mit einer Stützkonstruktion, die leicht ist, weil sie aus Wänden gebildet ist, wovon zumindest eine Anzahl jedoch nicht über die gesamte Höhe der Stützkonstruktion durchläuft, sondern nächst dem unteren Ende dieser Stützkonstruktion die Wände weiter auseinanderliegen als in der Nähe des gestützten Objekts.

Dabei können diese Wände mit Öffnungen versehen sein und somit, wie bei der ersten Ausführungsform,

selbst durch Stangen ersetzt sein. In Richtung auf das Objekt zu sind die Stangen dichter beieinander gelegen.

In noch einer anderen besonderen Ausführungsform stützt man mit einer Stützkonstruktion, die leicht ist, weil sie durch einen Satz hohler Säulen gebildet wird, in deren Wänden Öffnungen angebracht sind.

Diese Säulen können gleich welchen offenen oder geschlossenen Querschnitt besitzen und eventuell, wie bei der ersten Ausführungsform, mit einer oder mehreren Öffnungen versehen sein.

In einer besonderen Ausführungsform stützt man mit Säulen, die sich von unten in Richtung auf das Objekt verbreitern.

Die vorgenannten Ausführungsformen zum Aufbau einer leichten Stützkonstruktion können mit denselben Verfahren verwirklicht werden, die verwendet werden, um das gestützte Objekt zu fertigen, jedoch mit besonderen Maßnahmen, um die spezifische Form der Stützkonstruktion zu verwirklichen. Die Stützkonstruktionen können verwirklicht werden mit Hilfe von Standard-CAD-Systemen, auf Basis von Programmen, die automatisch die Stützkonstruktion entwerfen und in STL oder einem anderen Oberflächenformat, das einen Umschreibung der räumlichen Struktur gibt, ausschreiben, auf Basis der vorgenannten Techniken, angewandt auf Strukturen mit vollen Wänden, jedoch mit zusätzlicher Software, um gemäß einem festen Muster Aussparungen zu erhalten, durch das Ausführen von logischen Bearbeitungen auf Bilder von beispielsweise Scannern oder durch das Ausführen von logischen Bearbeitungen auf Konturlinien eines Modells und das Schraffieren der Resultate gemäß einer angemessenen Verfahrensweise.

Mit der Absicht, die Merkmale der Erfindung zu verdeutlichen, sind im folgenden als Beispiele ohne jeden einschränkenden Charakter einige bevorzugte Ausführungsformen eines Verfahrens zum Stützen eines durch Stereolithographie oder ein anderes schnelles Prototypen-Fertigungsverfahren gefertigten Objekts beschrieben, unter Verweis auf die begleitenden Zeichnungen, worin:

Fig. 1 schematisch eine Vorrichtung zum Fertigen eines Objekts mittels Stereolithographie darstellt, wobei man das Objekt mit einer Stützkonstruktion gemäß der Erfindung stützt;

Fig. 2 eine Vorderansicht einer Stützkonstruktion, womit man gemäß der Erfindung stützt, darstellt;

Fig. 3 einen Schnitt gemäß Linie III-III aus Fig. 2 darstellt;

Fig. 4 einen Schnitt gemäß Linie IV-IV aus Fig. 2 darstellt;

Fig. 5 eine Vorderansicht analog der von Fig. 2 darstellt, jedoch mit Bezug auf eine zweite Ausführungsform der zum Stützen verwendeten Stützkonstruktion;

Fig. 6 einen Schnitt gemäß Linie VI-VI aus Fig. 5 darstellt;

Fig. 7 eine Vorderansicht analog der Ansichten der Fig. 2 und 5 darstellt, jedoch mit Bezug auf eine dritte Ausführungsform der zum Stützen verwendeten Stützkonstruktion;

Fig. 8 einen Schnitt analog der Schnitte von den Fig. 4 und 6 darstellt, jedoch mit Bezug auf eine vierte Ausführungsform der zum Stützen verwendeten Stützkonstruktion;

Fig. 9 eine Perspektivansicht einer zum Stützen verwendeten Stützkonstruktion darstellt, jedoch mit Bezug auf eine fünfte Ausführungsform dieser Stützkonstruktion;

Fig. 10 einen Schnitt gemäß Linie X-X aus Fig. 9 dar-

stellt, in größerem Maßstab gezeichnet;

Fig. 11 und 12 Vorderansichten analog der von Fig. 2 darstellen, jedoch mit Bezug auf eine sechste beziehungsweise siebte Ausführungsform der zum Stützen gemäß der Erfindung verwendeten Stützkonstruktion, und mit dem gestützten Objekt;

Fig. 13 eine Perspektivansicht einer zum Stützen verwendeten Stützkonstruktion darstellt, jedoch mit Bezug auf eine achte Ausführungsform dieser Stützkonstruktion;

Fig. 14 und 15 Vorderansichten analog der von Fig. 2 darstellen, jedoch mit Bezug auf eine neunte beziehungsweise zehnte Ausführungsform der zum Stützen verwendeten Stützkonstruktion, und das gestützte Objekt;

Die in Fig. 1 dargestellte Vorrichtung für das Fertigen eines Objekts 1 durch Stereolithographie ist von einer an sich bekannten Konstruktion. Diese Vorrichtung umfaßt in der Hauptsache einen Behälter 2, gefüllt mit einem flüssigen fotopolymerisierbaren Präpolymer 3, ein darin angebrachtes Plateau 4, das durch einen nicht dargestellten Mechanismus in dem flüssigen Präpolymer auf- und abwärts bewegt werden kann, und eine Laserstrahlquelle 5, die durch einen ebenfalls nicht dargestellten Mechanismus gemäß einem bestimmten Muster über der Oberfläche des flüssigen Präpolymers 3 bewegt werden kann.

Sowohl der Mechanismus für das Auf- und Abwärtsbewegen des Plateaus 4 als auch der Mechanismus für das Bewegen der Laserstrahlquelle 5 werden durch eine Computervorrichtung 6 gesteuert.

Dort, wo der Laserstrahl gemäß einem durch die Computervorrichtung 6 festgelegten Muster auf die Oberfläche des Präpolymers 3 trifft, polymerisiert dieses Präpolymer. Nach jeder Schicht wird das Plateau 4 in einem Abstand gleich der Dicke der gebildeten Schicht abgesenkt. So wird das Objekt 1 Schicht für Schicht aufgebaut. Das Objekt 1 wird jedoch nicht direkt auf dem Plateau 4 geformt, sondern auf einer Stützkonstruktion 7, die erst auf dieselbe Art wie das Objekt 1 geformt wird. Diese oder eine andere Stützkonstruktion 7 kann sich höher erstrecken als die Unterseite des Objekts 1, um höher gelegene Teile des Objekts während des Formens zu stützen und Verformung dieses Objekts zu vermeiden.

Kennzeichnend für die Erfindung ist, daß man das Objekt 1 durch eine Stützkonstruktion 7 stützt, die, statt aus einander kreuzenden vollen, aufstehenden Wänden zu bestehen, eine leichtere Struktur besitzt.

In der in den Fig. 2 bis 6 dargestellten Ausführungsform stützt man mit einer Stützkonstruktion 7, die aus vertikalen Wänden 8 besteht, die mit sechseckigen Öffnungen 9 versehen sind. Zur maximalen Materialersparnis sind die Öffnungen 9 so in Säulenform angebracht, daß Öffnungen benachbarter Säulen in Bezug zueinander in vertikaler Richtung verschoben sind. Die Wände 8 sind vertikal angebracht gemäß einem Muster, wobei sie senkrecht zueinander gerichtet und in gleichem Abstand zueinander gelegen sind. Die Festigkeit der Stützkonstruktion 7 ist am größten, wenn die Öffnungen 9 in den einander kreuzenden Wänden so gelegen sind, daß diese Wände einander so viel wie möglich an Stellen schneiden, wo Material vorhanden ist, wie aus Fig. 3 deutlich hervorgeht.

Der Unterschied zwischen der Ausführungsform gemäß den Fig. 2 bis 4 und der Ausführungsform gemäß den Fig. 5 und 6 liegt in der Wändichte, dies ist die Anzahl Wände pro Oberflächen-Einheit. In der letzten

Ausführungsform erstreckt sich quer durch jede Säule von Öffnungen 9 einer Wand 8 eine senkrecht darauf stehende Wand 8, während dies in der anderen Ausführungsform nur alle zwei Säulen von Öffnungen 9 der Fall ist.

Die Öffnungen 9 müssen nicht unbedingt sechseckig sein, sondern können gleich welche Form besitzen, wie die Form eines Dreiecks, einer Raute oder eines Kreises.

In Fig. 7 ist eine Ausführungsform dargestellt, worin die Öffnungen 9 rautenförmig sind.

Vorzugsweise sind die Öffnungen 9 so angebracht, daß in jeder Schicht oder horizontalem Schnitt einer Wand 8 das Verhältnis zwischen der Menge ausgehärteten Materials, angedeutet durch A in Fig. 7, und dem Zwischenraum, angedeutet durch B in dieser Figur, identisch ist.

Zur Erhöhung der Festigkeit der Stützkonstruktion können die aufstehenden Kanten jeder der Wände 8 frei von Öffnungen 9 sein. Auch die untere Kante jeder Wand kann frei von Öffnungen 9 sein, um die Haftung mit dem Plateau 4 zu verbessern, während auch die obere Kante jeder Wand 8 frei von Öffnungen 9 sein kann, um eine bessere Haftung an dem oder Stütze für das Objekt 1 zu erreichen.

Die Wände 8 in der räumlichen Stützkonstruktion 7 können auch gemäß anderen Rastermustern als vorangehend beschrieben angebracht sein. Wände 8 können auch unter anderen Winkeln als 90 Grad in Bezug zueinander angebracht sein.

In Fig. 8 ist eine Ausführungsform dargestellt, wobei man mit einer Stützkonstruktion 7 mit vertikalen, mit Öffnungen 9 versehenen Wänden stützt, die ein Fachwerkmuster bilden. Eine Anzahl Wände 8 sind senkrecht zueinander ausgerichtet, so daß sie in horizontalem Querschnitt Quadrate bilden. Andere Wände 8 sind ebenfalls senkrecht zueinander, aber diagonal in Bezug zu den vorigen angebracht und sind somit gemäß den Diagonalen der vorgenannten Quadrate ausgerichtet.

Andere Muster sind möglich. Die Wände müssen selbst nicht notwendigerweise flach sein, sondern können sowohl in horizontale als auch in vertikale Richtung gebogen sein. Sie können vertikal oder geneigt angebracht sein.

Statt einer großen Anzahl Öffnungen 9 können die Wände mit nur einer Öffnung oder einer begrenzten Anzahl Öffnungen versehen sein, die relativ groß sind. In einem Grenzfall bleiben nur noch Stangen übrig, und die Stützkonstruktion 7 wird durch Stangen 11 gebildet, die an Knotenpunkten 12 miteinander verbunden sind. Diese Stangen 11 werden auf dieselbe Weise wie die Wände 8 in Schichten aufgebaut.

Da nur Stangen übrigbleiben, kann es wegen der Festigkeit ratsam sein, diesen Stangen im Querschnitt ein Profil zu geben. In den Fig. 9 und 10 ist das Stützen mit einer solchen Stützkonstruktion 7 dargestellt, die aus Stangen 11, die an Knotenpunkten 12 miteinander verbunden sind und die im Querschnitt die Form eines Kreuzes aufweisen, gebildet ist.

Natürlich können die Stangen andere Querschnitte haben, wie etwa einen quadratischen, rechteckigen, runden oder elliptischen.

Die Konstruktion von Stangen 11 muß nicht notwendigerweise eine quadratische Basis besitzen, wie in Fig. 9 dargestellt. Diese Basis kann auch dreieckig oder sechseckig sein oder andere Formen annehmen. Die Stangen 11 können zu einer Fachwerkstruktur mit großer Festigkeit verbunden sein.

Die Ausführungsformen gemäß den Fig. 11 und 12

unterscheiden sich von den vorangehend beschriebenen Ausführungsformen darin, daß die Dichte, in der horizontalen Ebene betrachtet, der Wände 8 oder der Stangen 11 und somit die Anzahl Wände 8 oder Stangen 11 der Stützkonstruktion, womit man stützt, nach oben hin zunimmt. Das Objekt 1 stützt immerhin auf die Oberkante der Stützkonstruktion 7, so daß nur dort viele Stützstellen erwünscht sind und die Stützkonstruktion 7 unten, gegen das Plateau 4, durch einen großen Abstand zwischen den Wänden 8 oder den Stangen 11 leicht gemacht werden kann. Falls Wände 8 verwendet werden, können diese Wände entweder mit Öffnungen 9 versehen sein oder nicht.

In Fig. 11 ist eine Ausführungsform dargestellt, wobei man mit vertikalen Wänden 8 stützt, die gemäß einem bestimmten Muster, beispielsweise senkrecht zueinander, angebracht sind. Diese Wände 8 bilden drei verschiedene Ebenen 13, 14 und 15. In der untersten Ebene 13, die auf dem Plateau 4 aufliegt, ist der Abstand zwischen benachbarten Wänden 8 relativ groß. In der darüber befindlichen Ebene 14 beträgt der Abstand zwischen den Wänden 8 die Hälfte des vorigen Abstands, und in dieser Ebene kommen somit doppelt so viele Wände 8 vor. In der obersten Ebene 15 ist der Abstand zwischen den vertikalen Wänden 8 nochmals halbiert, so daß die Anzahl Wände in dieser Ebene viermal größer ist als die Anzahl Wände 8 in der untersten Ebene 13.

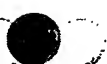
Was mit den Wänden 8 ausgeführt ist, kann auf analoge Weise mit den Stangen 11 ausgeführt werden, die auch verschiedene Ebenen mit jeweils mehr Stangen bilden, je höher sich die Ebene befindet. In Fig. 12 ist eine solche Stützkonstruktion 7 mit drei Ebenen von Stangen 11 und jeweils einer Verdoppelung der Anzahl Stangen bei einer Erhöhung der Ebene, wobei darüber hinaus die Stützkonstruktion 7 außer den drei Ebenen von Stangen 11 noch eine vierte Ebene 16 umfaßt, die aus einer sehr großen Anzahl aufrechtstehender Stäbchen 17 besteht, die eine Art Nagelbett bilden, das das Objekt 1 stützt.

Die Ausführungsform gemäß Fig. 13 unterscheidet sich von den vorangehend beschriebenen Ausführungsformen darin, daß die Stützkonstruktion 7, die man zum Stützen verwendet, aus hohlen Säulen 18 gebildet ist. Diese Säulen 18 können sowohl seitlich offen als auch geschlossen sein. Sie können gleich welchen Querschnitt besitzen, beispielsweise einen quadratischen Querschnitt, wie in Fig. 13 dargestellt. Sie können jedoch auch rund sein oder einen kreuzförmigen Querschnitt besitzen. Die Wände können mit Öffnungen 9 versehen sein oder von unten nach oben eine einzige große Öffnung aufweisen. Eigentlich kann diese Ausführungsform als eine Variante der Ausführungsformen gemäß den Fig. 2 bis 7 betrachtet werden, wobei die Öffnungen ebenfalls sehr groß sind und sich von unten nach oben erstrecken, so daß von den Wänden 8 nur die Seitenwände der Säulen 18 übrigbleiben.

Die Wände der Säulen 18 müssen nicht notwendigerweise vertikal sein, und die Säulen 18 müssen nicht über ihre ganze Höhe denselben Querschnitt besitzen. In der Ausführungsform gemäß Fig. 13 nimmt der Querschnitt der Säulen 18 nach oben zu, und somit verbreitern sich die Säulen nach oben hin. Dadurch wird oben eine maximale Stütze für das Objekt 1 erreicht, während unten ein Minimum an Material gebraucht wird. Sollte dies aus Stabilitätsgründen erforderlich sein, ist das Umgekehrte möglich, und die Säulen 18 können sich von oben nach unten verbreitern.

Die Säulen 18 können auch, statt aus Wänden zu be-





stehen, aus Stangen gebildet sein, was dann als eine Variante der Ausführungsform gemäß Fig. 9 betrachtet werden kann, wobei man die Stangenstruktur in horizontaler Richtung nicht durchlaufen läßt, so daß sie Säulen bildet.

Eine solche Ausführungsform ist in Fig. 14 dargestellt, wobei man zum Stützen des Objekts 1 mit Stangen 11 eine oder mehrere Säulen 18 bildet, wobei man die Anzahl Stangen 11 nach oben zunehmen läßt, so daß sowohl die Stangendichte als auch die Breite der Säulen 18 nach oben zunimmt. Die Stangen 11 jeder Säule 18 bilden somit eine Baumstruktur mit mehr Verzweigungen nach oben hin.

In der Ausführungsform gemäß Fig. 15 stützt man mit einer Stützkonstruktion 7, die leicht ist, weil die Wände 8 nicht in jeder Schicht geformt sind. Abwechselnd kann die Wand in der einen Richtung und in der senkrecht darauf stehenden Richtung geformt sein. In der erstgenannten Richtung können mehrere Schichten geformt werden, und anschließend mehrere Schichten in der anderen Richtung. Dabei können in einer so geformten aufstehenden Wand 8 noch große Öffnungen 19 angebracht sein, die sich von unten bis nahezu nach oben erstrecken, so daß tatsächlich von der Stützkonstruktion praktisch nur noch Säulen übrigbleiben, die leicht sind und sich von unten nach oben verbreitern.

Es ist augenfällig, daß man zum Stützen ein und desselben Objekts 1 mehrere unabhängige Stützkonstruktionen 7 aufbauen kann, wobei die verschiedenen Stützkonstruktionen gemäß verschiedenen der vorgenannten Ausführungsformen sein können. Auch kann ein und dieselbe Stützkonstruktion 7 mehrere Teile oder Elemente umfassen, die gemäß verschiedenen der vorgenannten Ausführungsformen konstruiert sind.

Die vorangehend beschriebenen Stützkonstruktionen 7, die man zum Stützen des Objekts 1 verwendet, werden mit denselben Techniken gefertigt, die für die Fertigung des Objekts 1 verwendet werden, wobei jedoch spezielle Maßnahmen getroffen werden, um die vorangehend beschriebene leichte Struktur zu erhalten. Die Steuerung durch die Computervorrichtung 6 muß in diesem Zusammenhang speziell angepaßt werden, so daß beispielsweise die Öffnungen 9 oder 19 geformt werden oder die Dichte der Wände oder Stangen in Richtung auf das Objekt zunimmt.

Über die Computervorrichtung 6 können die Stützkonstruktionen 7 beispielsweise mit Hilfe von Standard-CAD-Systemen realisiert werden, die eine Interface zu schnellen Prototypen-Fertigungstechniken besitzen, indem jede Wand 8 oder Stange 11 modelliert wird.

Eine schnellere Art der Realisierung verwendet Programme, die automatisch die Stützkonstruktionen 7 entwerfen und in STL oder einem anderen Oberflächenformat ausschreiben, das eine Umschreibung der räumlichen Struktur gibt.

Die Stützkonstruktionen 7 können auch auf Basis von Bildern erhalten werden, beispielsweise aus einem Scanner stammend, durch das Ausführen logischer Bearbeitungen der Bilder. Hierbei werden die Stützkonstruktionen 7 als eine Sammlung Pixel dargestellt, die später in ein für Materialwachstumsmaschinen wie etwa Stereolithographievorrichtungen geeignetes Format übersetzt werden.

Eine andere Art der Fertigung der Stützkonstruktionen 7 mittels der Computervorrichtung 6 besteht darin, logische Bearbeitungen an Konturlinien des Objekts durchzuführen, und durch das Schraffieren der Resultate gemäß einer angemessenen Verfahrensweise.

Die vorgenannten Arten wenden Verfahren an, die dem Fachmann hinreichend bekannt sind.

Eine andere Art besteht darin, ein gleiches Verfahren anzuwenden, wie es beim Fertigen der bekannten Stützkonstruktionen mit vollen, aufstehenden Wänden verwendet wird, beispielsweise gemäß einer der vorangehend beschriebenen Arten, jedoch in Kombination mit einer speziellen Technik, die mit einer speziellen Software, genannt "Slice-Software", ausgeführt werden kann. Mit dieser Technik werden die Querschnitte berechnet, die durch die Laserstrahlquelle 5 gescannt werden sollen. Indem dabei gemäß einem festen Muster Öffnungen in den Vektoren, die beim Durchschneiden der Wände 8 erhalten werden, gelassen werden, erhält man mit Öffnungen 9 versehene Wände 8 oder eine Konstruktion mit Stangen 11 oder Säulen 18. Im Fall von Stangen können an den restlichen Vektorfragmenten die geeigneten Vektoren zugefügt werden, um Stangen mit einem bestimmten Querschnittsmuster zu erhalten.

Wie bereits früher bemerkt, können die vorangehend beschriebenen Stützkonstruktionen 7 nicht ausschließlich durch Stereolithographie erhalten werden, sondern können auch über andere Materialwachstumstechniken oder lagenweise Produktionstechniken gefertigt werden. Vor allem die Ausführungsformen der Stützkonstruktion 7 gemäß den Fig. 11 und 12, mit vollen Wänden, können zweckmäßig gemäß dem Fused Deposition Modelling-Prinzip gefertigt werden.

Das Stützen mittels der vorangehend beschriebenen Stützkonstruktionen 7 erfordert ein Minimum an Material. Die Stützkonstruktionen sind relativ schnell zu fertigen. Trotzdem können sie eine sehr gute Unterstützung für das Objekt bieten. Eine nützliche Anwendung ist beim Fertigen von Prototypen, beispielsweise ausgehend von Zeichnungen, oder in der Medizin, um, ausgehend von Bildern eines Scanners, Modelle von beispielsweise Knochen oder Prothesen zu fertigen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Stützen eines Objekts (1), gefertigt durch Stereolithographie oder ein anderes schnelles Prototypen-Fertigungsverfahren, mit zumindest einer Stützkonstruktion (7), dadurch gekennzeichnet, daß man mit zumindest einer Stützkonstruktion (7) stützt, die leichter ist als eine Stützkonstruktion, die aus vollen, aufstehenden Wänden, eventuell mit Einkerbungen oben und/oder unten, besteht.
2. Verfahren gemäß dem vorgenannten Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß man mit einer Stützkonstruktion (7) stützt, die leicht ist, weil sie aus Wänden (8), die gemäß einem Muster aufgestellt sind, wobei sie einander kreuzen oder schneiden, aufgebaut ist, und wovon zumindest eine Anzahl über einen bedeutenden Teil ihrer Oberfläche mit Öffnungen (9) versehen ist, die so gelegen sind, daß die Wände (8) einander an Stellen schneiden, wo in beiden Wänden (8) Material vorhanden ist.
3. Verfahren gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß man eine Stützkonstruktion (7) verwendet, wobei die Öffnungen in den Wänden (8) so groß sind, daß tatsächlich nur noch Stangen (11) übrigbleiben, die durch Knotenpunkte miteinander verbunden sind.
4. Verfahren gemäß dem vorgenannten Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß man mit einer Stütz-

konstruktion (7) stützt, die Stangen (11) umfaßt, die quer zu ihrer Längsrichtung einen Profilquerschnitt besitzen.

5. Verfahren gemäß einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß man eine Stützkonstruktion (7) verwendet, wovon zumindest eine der Kanten der Wände (8) frei von Öffnungen (9) ist.

6. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß man mit einer Stützkonstruktion (7) stützt, die leicht ist, da sie aus Wänden (8) gebildet wird, die jedoch nicht alle über die gesamte Höhe der Stützkonstruktion (7) durchlaufen, sondern die nächst dem unteren Ende dieser letzteren weiter auseinanderliegen als in der Nähe des gestützten Objekts (1).

7. Verfahren gemäß Ansprüchen 3 und 6, dadurch gekennzeichnet, daß man mit einer Stützkonstruktion (7) stützt, die durch Stangen (11), die durch Knotenpunkte miteinander verbunden sind, gebildet wird, wobei die Dichte der Stangen vom Objekt (1) weg abnimmt.

8. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß man mit einer Stützkonstruktion (7) stützt, die, auf dem oberen Ende der Wände (8) oder der Stangen (11), direkt unter dem Objekt (1) aufstehende Stäbchen (17) umfaßt, die wie ein dichtes Nagelbett die Fläche der Unterseite des Objekts (1) stützen.

9. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man mit einer Stützkonstruktion (7) stützt, die leicht ist, weil sie durch einen Satz hohle Säulen (18) gebildet wird.

10. Verfahren gemäß Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß man mit Säulen (18) stützt, die sich von unten auf das Objekt (1) zu verbreitern.

11. Verfahren gemäß einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß man mit einer Stützkonstruktion (7) stützt, die aus Schichten oder Gruppen von Schichten gebildet ist, die von unten nach oben aufeinanderfolgend nur in die eine Richtung und in eine quer darauf stehende Richtung geformt sind.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

45

50

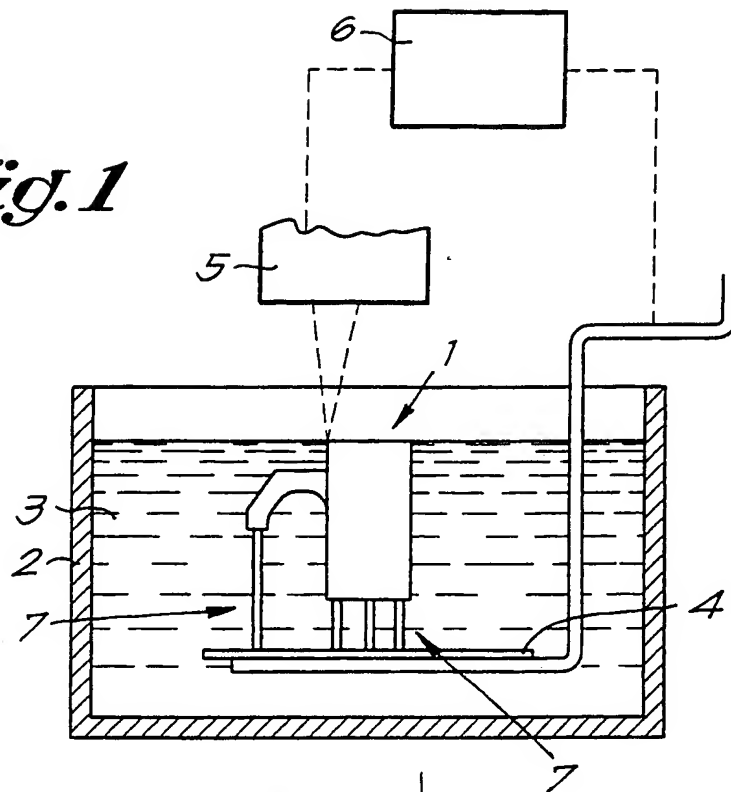
55

60

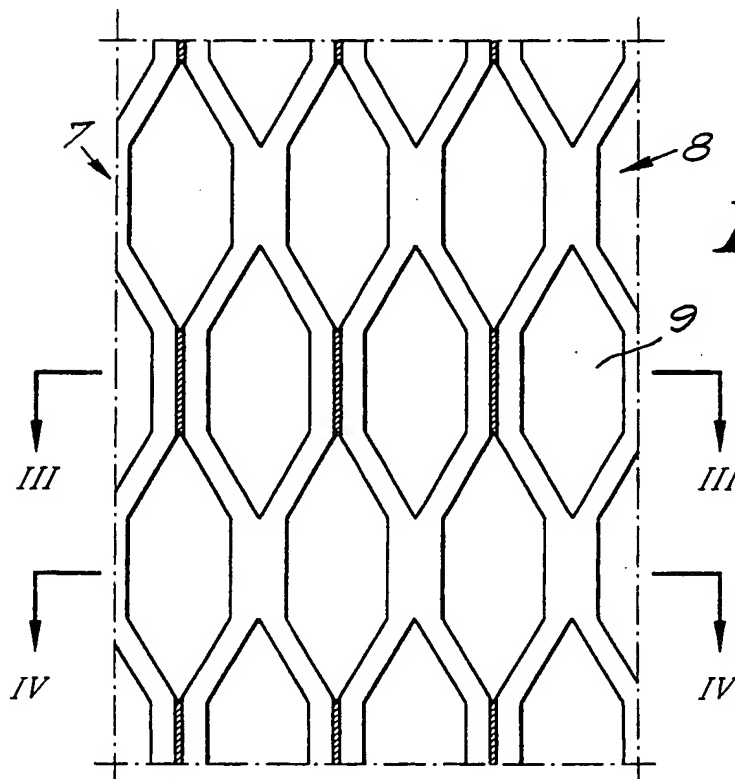
65

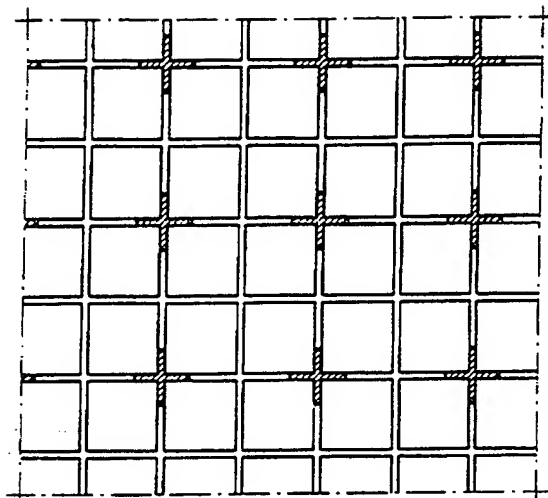


*Fig. 1*



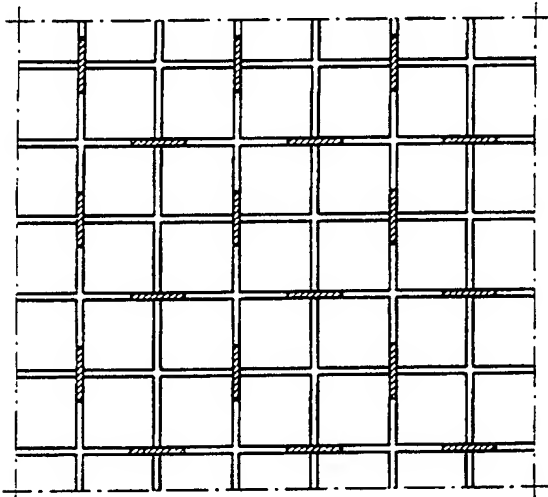
*Fig. 2*





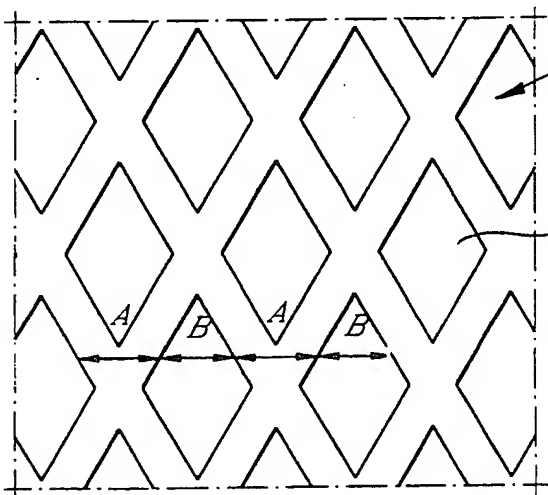
7

*Fig. 3*



7

*Fig. 4*

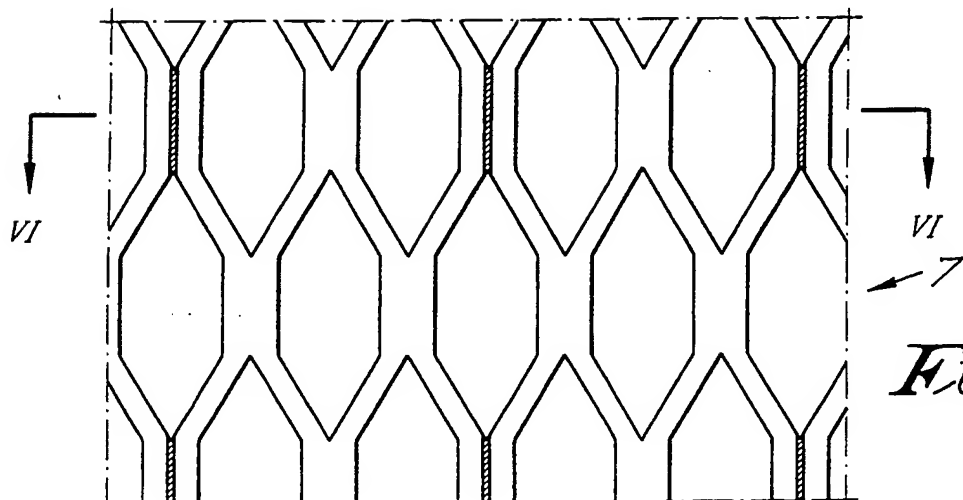


8

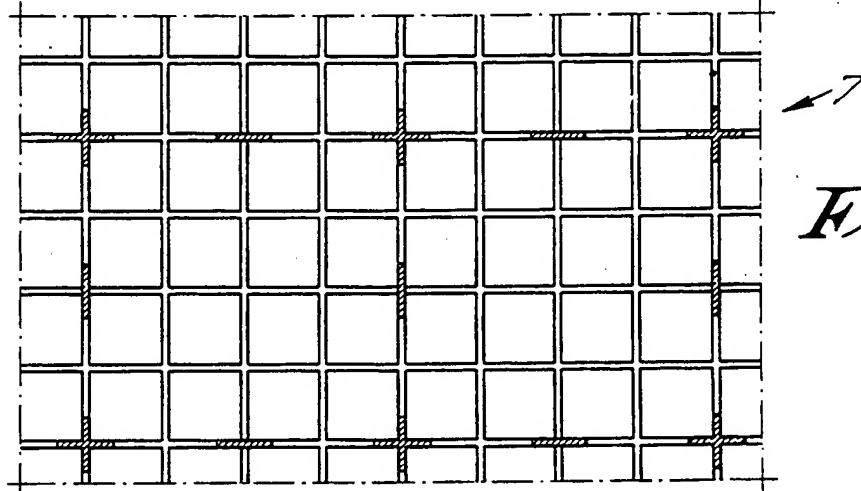
7

9

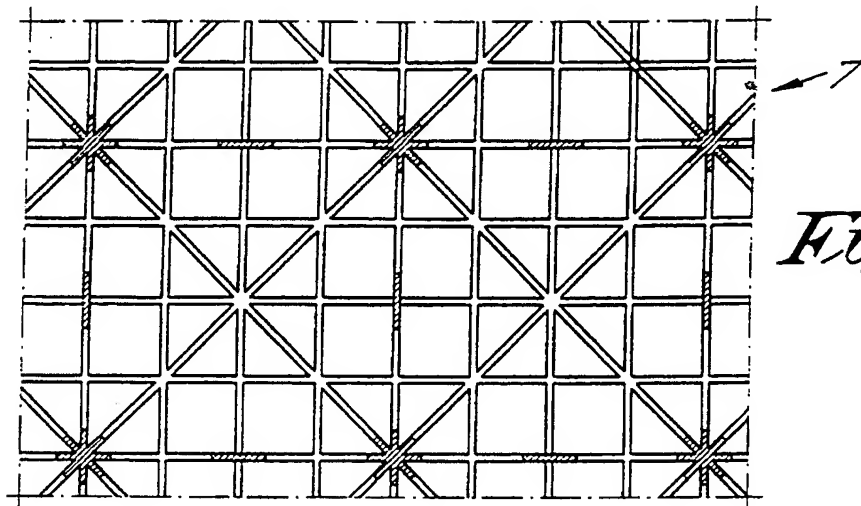
*Fig. 7*



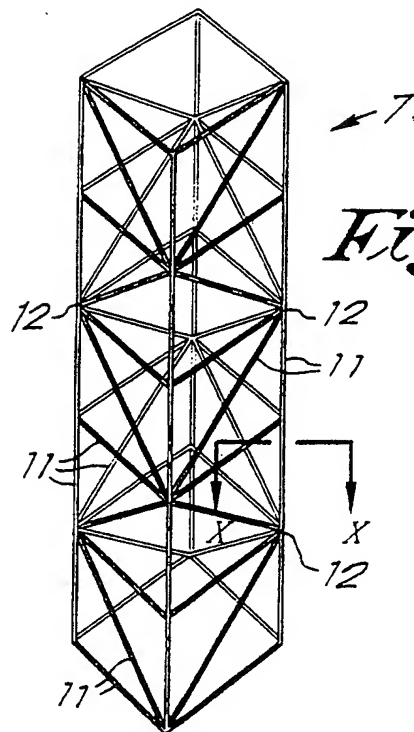
*Fig. 5*



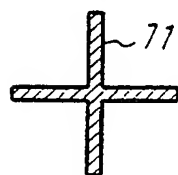
*Fig. 6*



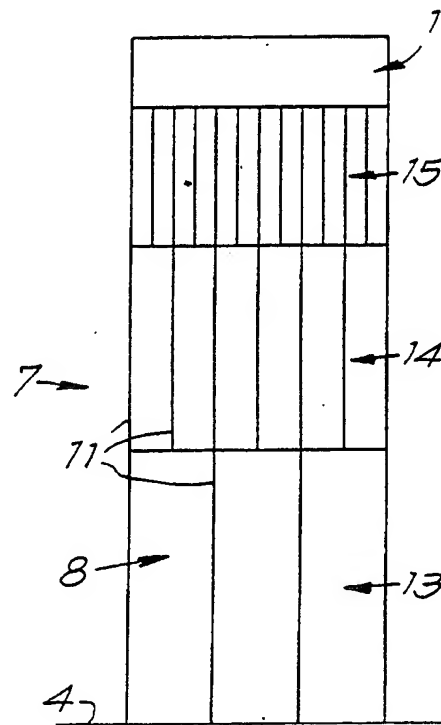
*Fig. 8*



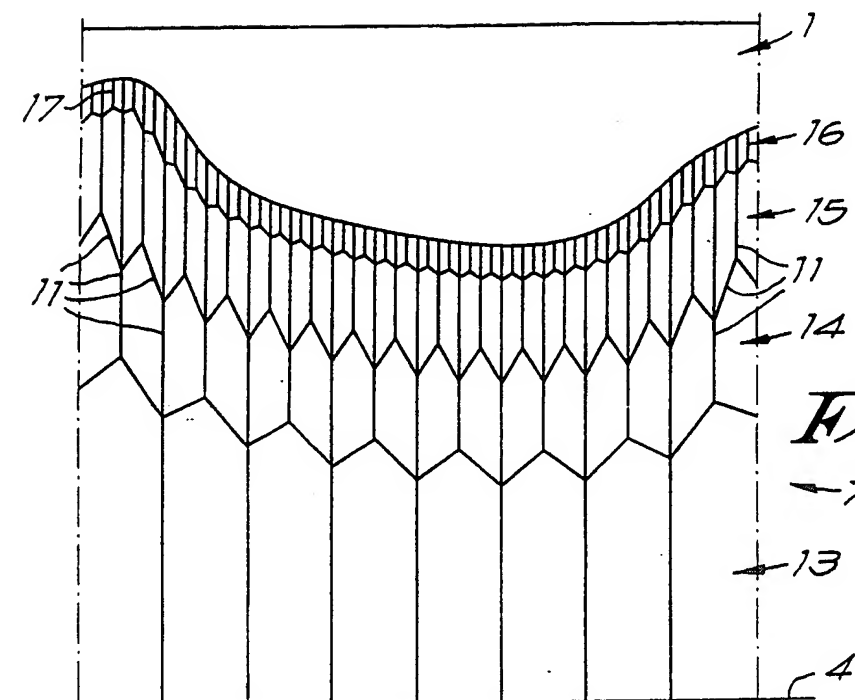
*Fig. 9*



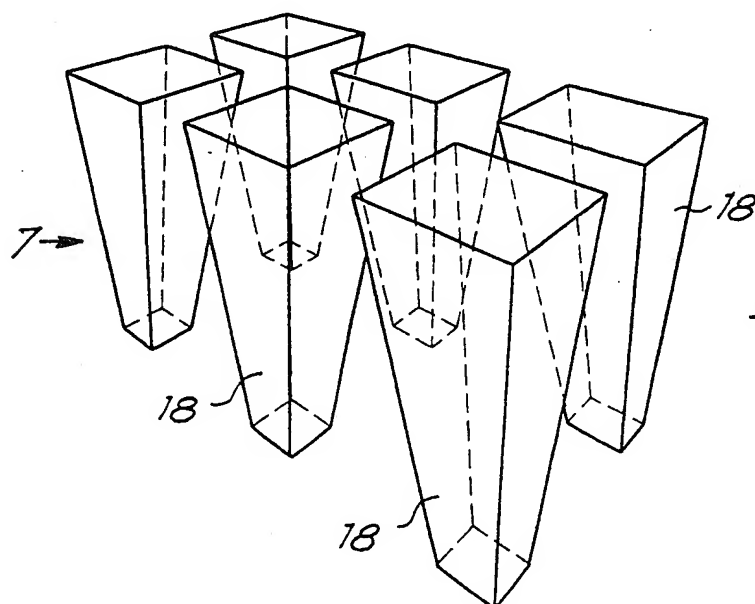
*Fig. 10*



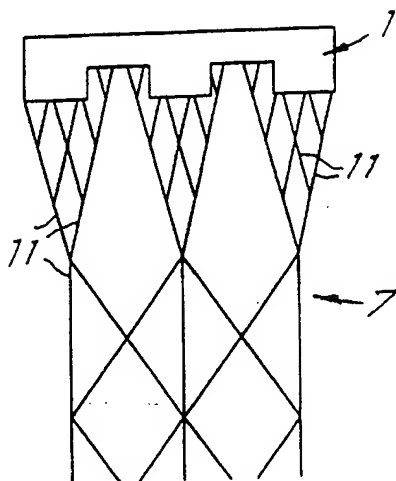
*Fig. 11*



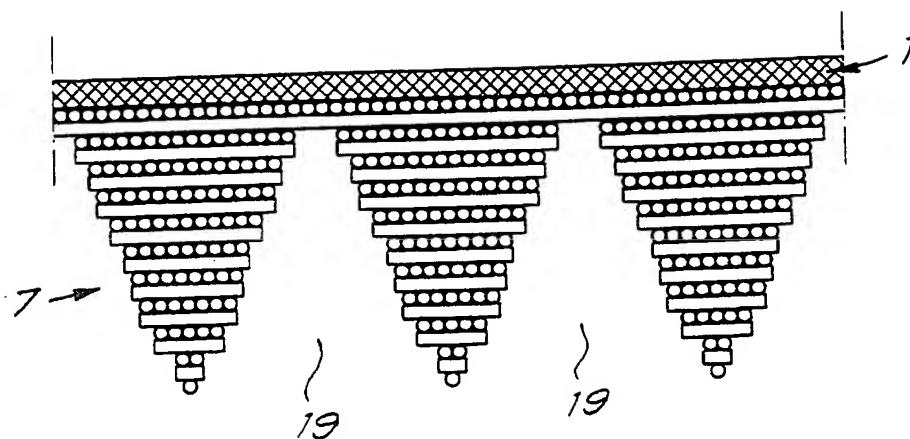
**Fig. 12**



**Fig. 13**



*Fig. 14*



*Fig. 15*